

CLIPPEDIMAGE= JP409119177A

PAT-NO: JP409119177A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09119177 A

TITLE: SOUND ABSORBING MATERIAL

PUBN-DATE: May 6, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ONISHI, KENJI

OKUDAIRA, YUZO

ANDO, HIDEYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07277450

APPL-DATE: October 25, 1995

INT-CL (IPC): E04B001/86;B32B005/18 ;G10K011/162
;G10K011/16

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide sound absorbing material high in a sound absorbing rate in a low frequency area even with thin thickness and excellent in handling performance as material.

SOLUTION: Sound absorbing material is provided with a porous material Al with a bulk density of $200\text{-}500\text{kg/m}^3$ and a Young's modulus of $1.0\times 10^6\text{-}1.0\times 10^8\text{N/m}^2$ and porous material B2 laminated on the surface of the porous material Al and having a bulk density of 100kg/m^3 or less and a Young's modulus of $1.0\times 10^3\text{-}1.0\times 10^6\text{N/m}^2$. The porous

material A1 side is made the incident side of sound wave,
and the porous
material B2 side is made the transmission side of this
sound wave.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 $200\sim 500 \text{ kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)と、前記多孔質材(A)の表面に積層された 100 kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)とを備え、前記多孔質材(A)側が音波の入射側であり、前記多孔質材(B)側が前記音波の透過側である吸音材。

【請求項2】 $200\sim 500 \text{ kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)と、前記多孔質材(A)の表面に積層された 100 kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)と、前記多孔質材(B)とは反対側にある前記多孔質材(A)の表面に積層された粒子の振動により吸音作用を発現する粉体層とを備え、前記粉体層側が音波の入射側であり、前記多孔質材(B)側が前記音波の透過側である吸音材。

【請求項3】前記粉体層が吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物であり、前記粉体層の厚みが 5 mm 以下である、請求項2に記載の吸音材。

【請求項4】前記粉体が、 $0.1\sim 1000 \mu\text{m}$ の平均粒径と $0.1\sim 1.5 \text{ g/cm}^3$ の範囲のかさ密度とを有する、請求項3に記載の吸音材。

【請求項5】前記粉体が、粒状粒子からなる粉体とバネ定数 $1 \times 10^2 \text{ N/m}$ 以下の微小纖維体からなる粉体との混合粉体である、請求項3に記載の吸音材。

【請求項6】前記粉体が、粒状粒子と前記粒状粒子の表面に付着した微小纖維体とを有し、前記微小纖維体が $1 \times 10^2 \text{ N/m}$ 以下のバネ定数を有する、請求項3に記載の吸音材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は吸音材に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、以下の①～③に挙げる用途に吸音材が使用されている。

①リスニングルーム、楽器練習室等の内装材として用いる。室内の音響特性が問題となる部屋で、室内残響時間特性および反射特性等を制御するための仕上げ用の内装材として用いる。

【0003】②壁、天井の充填材として用いる。遮音特性が要求される部屋では、壁や天井の遮音性能を向上させるために二重パネル構造を採用することが多い。これらのパネル間に吸音材を充填してさらに性能を上げるために用いる。

③その他、吸音ダクトの内貼り用、騒音を発生する機器の防音カバーの内貼り用等に用いる。

2

【0004】これらの用途に使用される従来の吸音材は、発泡ウレタン、グラスウール等の素材の多孔性を利用したものである。その吸音機構は、音波が発泡ウレタン、グラスウール等の連通した気泡や孔の中に入射すると、連通した気泡や孔は複雑な断面形状をした連続気泡であるため、音波の伝播の過程で気泡界面との粘性摩擦等によって音圧が低下し、その結果、音波エネルギーが吸音材中に吸収されるものと考えられている。

【0005】多孔質材の吸音率は、音波の周波数が高くなるほど、また厚みが増すほど大きいのに、低周波数域（特に、 250 Hz 以下）の音波に対しては小さい。多孔質材の厚みが増せば、低周波数域の吸音率を上げることができる。しかしながら、部屋の内装材として多孔質材を使用した場合に多孔質材が厚いと、部屋が狭くなるという問題が生じる。ダクトの内貼りとして使用した場合に多孔質材が厚いと、空気の通路が狭くなってしまうという問題が生じる。したがって、多孔質材の厚みを増やして低周波数域の吸音率を上げるという方法は適切な方法ではない。

【0006】これとは別の観点で、本出願人は、多孔質材とは異なる低周波数域において十分な吸音率を有する吸音材として、低周波数帯域の音波に対して吸音効果がある粉体の振動を利用した吸音材を提案している（特願平2-294220、特願平4-120103、特願平6-176295）。このような粉体を利用した吸音材であっても、低周波数域において、より優れた吸音性能を得るためにには、上記と同様に、粉体層を厚くする必要があり、実際に粉体を利用した吸音材を使用する場合に、材料としての取り扱い性が低下し、このような吸音材を使用中に粉体のこぼれ、偏り等に起因する性能劣化があるという問題がある。

【0007】これらを改善するために、本出願人は、材料としての取り扱い性を向上させるために、吸音性粉体層の音波が透過する側に多孔質材層を積層させることによって、粉体層の厚みを大幅に減らした吸音材を提案している（特願平6-257217）。さらに、本出願人は、吸音特性に優れた粉体をシート状に成形した粉体保持シートを提案している。この粉体保持シートは、粉体層の厚みが薄く切断・加工が可能であり、材料としての取り扱い性が高く、粉体のこぼれ、偏り等に起因する性能劣化はみられず、低周波数帯域の音波に対して吸音特性が優れた吸音材である。

【0008】しかし、現在では、これら吸音材よりも、低周波数域において吸音率が高く、厚みがより薄いものの開発が望まれている。また、粉体を利用した吸音材については、低周波数域において吸音率が高く、厚みがより薄い吸音材の開発が望まれているのが現状である。粉体を利用した吸音材が、経時安定性が高く、性能劣化がないとさらに望ましい。

3

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は、厚みが薄くても低周波数域での吸音率が高く、材料としての取り扱い性に優れた吸音材を提供することである。本発明が解決しようとする別の課題は、厚みが薄くても低周波数域での吸音率がより高く、材料としての取り扱い性に優れた吸音材を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の吸音材は、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)と、前記多孔質材(A)の表面に積層された 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)とを備え、前記多孔質材(A)側が音波の入射側であり、前記多孔質材(B)側が前記音波の透過側である。

【0011】本発明の第2の吸音材は、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)と、前記多孔質材(A)の表面に積層された 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)と、前記多孔質材(B)とは反対側にある前記多孔質材(A)の表面に積層された粒子の振動により吸音作用を発現する粉体層とを備え、前記粉体層側が音波の入射側であり、前記多孔質材(B)側が前記音波の透過側である。

【0012】前記粉体層が吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物であり、前記粉体層の厚みが 5mm 以下であると好ましい。前記粉体が、 $0.1\sim1000\mu\text{m}$ の平均粒径と $0.1\sim1.5\text{g/cm}^3$ の範囲のかさ密度とを有すると好ましい。前記粉体が、粒状粒子からなる粉体とバネ定数 $1\times10^2\text{N/m}$ 以下の微小繊維体からなる粉体との混合粉体であると好ましい。

【0013】前記粉体が、粒状粒子と前記粒状粒子の表面に付着した微小繊維体とを有し、前記微小繊維体が $1\times10^2\text{N/m}$ 以下のバネ定数を有すると好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】

【第1の吸音材】本発明の第1の吸音材は、たとえば、図1に示すような断面構造の積層材である。この吸音材は、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)1と、前記多孔質材(A)1の表面に積層された 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)2とを備えており、前記多孔質材(A)1側が音波の入射側であり、前記多孔質材(B)2側が前記音波の透過側である。

【0015】多孔質材(A)は、 $200\sim500\text{kg/m}^3$

4

のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有するものであれば特に限定はない。多孔質材(A)の具体例としては、ロックウール繊維とバインダーとからなるロックウール吸音板；ロックウール、ガラスウール等の無機繊維をフェノール樹脂等のバインダーで成形したボード；ウレタンボード等の発泡性ボード等を挙げることができる。

【0016】多孔質材(B)は、 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有するものであれば特に限定はない。多孔質材(B)の具体例としては、ロックウール、ガラスウール、不織布等の無機または有機の多孔質材；ウレタン等の発泡樹脂体等を挙げができる。多孔質材(A)および多孔質材(B)の厚みについては特に制限はないが、多孔質材(A)の厚みが $2\sim20\text{mm}$ で、多孔質材(B)の厚みが $5\sim50\text{mm}$ であると、多孔質材(B)を多孔質材(A)に積層した時の厚みが薄くて取り扱い性に優れ、低周波数域での吸音作用を付与できるため好ましい。また、多孔質材(A)と多孔質材(B)との厚みの比率[多孔質材(A) : 多孔質材(B)]が、 $4:1\sim1:20$ であると、低周波数域でのピーク周波数(f_r)を設定できるため好ましい。

【0017】第1の吸音材では、多孔質材(A)の表面に多孔質材(B)が積層されている。多孔質材(A)に多孔質材(B)を積層する方法については特に限定はないが、たとえば、接着剤を使用して積層する方法、熱融着性のバインダーを使用して積層する方法、粘着テープで接着する方法等がある。第1の吸音材は、多孔質材(A)の表面に多孔質材(B)が積層され、一体化されており、また、異なるかさ密度の素材を積層することによって、後述の共振による吸音作用が生じるため厚みを薄くすることができるので、材料としての取り扱い性に優れている。

【0018】第1の吸音材においては、多孔質材(A)側が音波の入射側であり、多孔質材(B)側が音波の透過側である。音波の入射側および透過側を逆にすると、低周波数域での吸音作用が低下するために好ましくない。ロックウール等のかさ密度 500kg/m^3 以下の多孔質材単独では、中高音域においては吸音特性を示すが、低周波数域での吸音作用は非常に小さい。それにもかかわらず、第1の吸音材では低周波数域での吸音率が高い。この理由は以下のようであると考えられている。すなわち、図1で示した構造で説明すると、音波の入射側にある多孔質材(A)1を「質量(おもり)」、音波の透過側にある多孔質材(B)2を「バネ」とした共振現象が起こり、共振による吸音作用によって、低周波数域での吸音性能が高くなると考えられる。また、第1の吸音材において音波の入射側および透過側を逆にすると、低周波数域での吸音作用が低下するのは、上述のような

共振による吸音作用が得られなくなるためである。ま

5

た、多孔質材（A）および多孔質材（B）は、上記の範囲のかさ密度およびヤング率とを有する必要がある。この範囲外であると、音波が入射した際に多孔質材の共振現象が起こらないか、または、共振現象が起こってもその共振レベルが小さくなるおそれがあり、低周波数域での吸音性能は期待できなくなる。

【0019】多孔質材（A）または多孔質材（B）をそれぞれ単独で吸音材として使用すると、低周波数域での吸音作用はほとんどないか、あっても吸音作用は小さい。そのために、単独で低周波数域での吸音率を上げるために、多孔質材を厚くして使用する必要がある。そ*

$$f_r = [1.4 \times 10^5 / (\rho_1 \times t_1 \times t_2)]^{1/2} / 2\pi \quad (1)$$

上記で、 $\rho_1 \times t_1$ は多孔質材（A）の面重量（kg/m²）であるため、ピーク周波数（f_r）は多孔質材（A）の面重量（kg/m²）と多孔質材（B）の厚みで決まり、音波の入射側である多孔質材（A）の面重量と、音波の透過側である多孔質材（B）の厚みとが、共振現象により吸音率が大きくなる周波数であるピーク周波数（f_r）に影響を与えることがわかる。多孔質材（A）および多孔質材（B）における厚み、材質、かさ密度、ヤング率等の物性については、低周波数域での吸音性能と、厚みを薄くすることおよび材料としての取り扱い性等とのバランスを取りつつ適宜選択する必要がある。

【第2の吸音材】本発明の第2の吸音材は、たとえば、図2に示すような断面構造の積層材である。この吸音材は、200～500kg/m³のかさ密度と 1.0×10^6 ～ 1.0×10^8 N/m²のヤング率とを有する多孔質材（A）4と、前記多孔質材（A）1の表面に積層された100kg/m³以下のかさ密度と 1.0×10^3 ～ 1.0×10^6 N/m²のヤング率とを有する多孔質材（B）3と、前記多孔質材（B）3とは反対側にある前記多孔質材（A）4の表面に積層された粒子の振動により吸音作用を発現する粉体層5とを備え、前記粉体層5側が音波の入射側であり、前記多孔質材（B）3側が前記音波の透過側である。

【0022】第2の吸音材は、第1の吸音材において、多孔質材（B）とは反対側にある多孔質材（A）の表面に、粒子の振動により吸音作用を発現する粉体層を積層したものであり、第1の吸音材よりも低周波数域での吸音率がより高くなる。また、第1の吸音材では、多孔質材（A）の面重量を大きくしたり、多孔質材（B）を厚くすることによって、ピーク周波数（f_r）を低減させることができるが、多孔質材（A）の面重量を大きくすると、共振レベルが低下してしまい好ましくない場合がある。このような点は、第2の吸音材を使用することによって解消される。

【0023】第2の吸音材においては、粉体層側が音波の入射側であり、多孔質材（B）側が音波の透過側である。音波の入射側および透過側を逆にすると、低周波数域での吸音作用が低下するために好ましくない。この理

6

*れに対して、第1の吸音材では、上述のように共振による吸音作用が得られるため、多孔質材を薄くすることができます。

【0020】共振作用による吸音機構では、バネー質量系の共振が生じる周波数帯域で吸音率が大きくなる。共振現象によって吸音率が大きくなる周波数をピーク周波数（f_r）とすると、f_rは次に示す式（1）で表される。なお、式（1）で、 ρ_1 は多孔質材（A）のかさ密度、t₁ は多孔質材（A）の厚み、t₂ は多孔質材

10 （B）の厚みを示す。

【0021】

$$f_r = [1.4 \times 10^5 / (\rho_1 \times t_1 \times t_2)]^{1/2} / 2\pi \quad (1)$$

※由は、第2の吸音材の場合と同様に、多孔質材（A）および多孔質材（B）の共振による吸音作用が得られなくなるためと、入射する音波が最初に粉体層に当たらないことによって粉体層中の粒子の振動による吸音作用が得られにくくなるためである。

【0024】第2の吸音材で使用される多孔質材（A）および多孔質材（B）は、上記かさ密度およびヤング率を有するものであれば特に限定ではなく、第1の吸音材で説明した多孔質材（A）および多孔質材（B）をそのまま使用することができる。第2の吸音材では、多孔質材（A）の表面に多孔質材（B）が積層され、また、多孔質材（B）とは反対側にある多孔質材（A）の表面に粉体層が積層されている。第2の吸音材における積層方法についても、第1の吸音材で説明した積層方法をそのまま行うことができる。

【0025】第2の吸音材で使用される粉体層は、粒子の振動により吸音作用を発現するものであれば特に限定はない。このような粉体層が、吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物で、粉体層の厚みが5mm以下であるものが、取り扱い性が向上するとともに、粉体の偏り等による吸音特性の低下が抑制でき、低周波数域での吸音作用が高くなるため好ましい。

【0026】シート状物は吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したものである。シート状物の構造については特に限定はないが、たとえば、図3にその断面を示すように、粒子の振動により吸音作用を発現する粉体8を音響的に透明な表面シート6により閉塞された構造のものがある。表面シート6同士は部分的に接着されており、表面シート6内部の粉体8が接着部分7によってセル状のユニットに分割されている構造である。図3では、シート状物は表面シート6が部分的に接着されていることによってセル構造を有し、粉体8が表面シート6内部に分割・保持されている。接着部分7は適宜設けられ、シート状物の面積の大きさに応じて、接着部分7の数は増減する。

【0027】表面シート6を部分的に接着させる方法は、通常の使用状況において破損することなく接着部分7が維持することができれば特に限定なく、たとえ

ば、①糸で縫い付ける方法、②表面シート6に接着剤または粘着剤を付着させて接着する方法、③熱溶着のバインダーで接着する方法等を挙げることができる。表面シート6と接着部分7で囲まれるセル部分の大きさは、数cm～数十cmの範囲であると吸音特性に影響を与えることはない。セル部分の大きさが小さいほど、破損または切断によってセル構造がつぶれ、粉体8がセルからこぼれることがなくなるために好ましい。

【0028】音響的に透明な基材としては、粉体を閉じ込め、粉体のこぼれ等を防止できるものであれば特に限定はない。なお、上記表面シート6は音響的に透明な基材の1種である。音響的に透明な基材の具体例としては、通気性のあるペーパー、織物、不織布シート、ガラスクロス；厚みが約50μm以下のポリエチレンフィルム、ポリエチレンシート、ビニルシート等の高分子シート；アルミフォイル等の金属箔などの音響的に透明な表面シートが挙げられる。音響的に透明な基材は、吸音性能を発現する粉体の平均粒径および充填量によって適宜選択される。

【0029】シート状物は、上記で示した粒子の振動により吸音作用を発現する粉体を音響的に透明な表面シートにより閉塞された構造のもの以外であっても良く、たとえば、粒子の振動により吸音作用を発現する粉体を、レーヨン、ナイロン、ポリプロピレン系の不織布や、ガラスウール、ロックウール等のシート状纖維構造体内部に充填するもの、または、粒子の振動により吸音作用を発現する粉体をメッシュ状になった高分子シート、ペーパーハニカム等のセル構造体内部に充填して、音響的に透明な表面シートにより閉塞された構造のものを挙げることができる。セル構造体が柔軟であると、シート状物は取り扱い易いため好ましい。また、表面シートについても、シート状纖維構造体またはセル構造体と一体化させる必要があるため、粘着性、接着性および熱融着性を有するものが好ましい。この場合、バインダー等と構造体を接着させてもよい。

【0030】シート状物における粉体としては、0.1～1000μmの平均粒径と0.1～1.5g/cm³の範囲のかさ密度とを有する粉体が望ましい。平均粒径またはかさ密度が前記範囲を外れると、低音域での吸音特性に劣るおそれがある。低音域での吸音特性をより高めるという点からは、シート状物における粉体として、1～300μmの平均粒径と0.1～0.8g/cm³の範囲のかさ密度とを有する粉体がより望ましい。本発明に用いられる粉体としては、フラット型またはピーク型の、吸音率の周波数特性と持つものが挙げられる。吸音率の周波数特性がフラット型またはピーク型でないと、低音域での吸音特性に劣るおそれがある。フラット型の、吸音率の周波数特性を有するとは、特定の周波数以上の周波数の音波が入射した時に、ほぼ一定の吸音率を有することである。ここで、特定の周波数は、粉体層の厚みによ

って変化するため、その値には特に限定はない。

【0031】フラット型の吸音率の周波数特性を有する粉体としては、

- ・バーミキュライト（平均粒径：200～400μm、かさ密度：0.1g/cm³）
- ・湿式シリカ（平均粒径：400～500μm、かさ密度：約0.1～0.2g/cm³）
- ・軟質炭酸カルシウム（平均粒径：1～2μm、かさ密度：約0.4g/cm³）

10 10・ナイロンパウダー（平均粒径：180～500μm、かさ密度：約0.5g/cm³）

- ・フェライト仮焼品（平均粒径：1.3～1.5μm、かさ密度：約1.0g/cm³）
- ・金マイカ（平均粒径：650μm、かさ密度：約0.5～0.6g/cm³）

等が挙げられ、それぞれ単独で使用されたり、あるいは、2以上の粉体が併用されたりする。

【0032】ピーク型の吸音率の周波数特性を有するとは、吸音率の周波数特性曲線が上に凸の極大値を有する

20 ことである。ここで、上に凸の極大値となる周波数は、粉体層の厚みによって変化するため、その値には特に限定はない。ピーク型の吸音率の周波数特性を有する粉体としては、シリカ、マイカ、タルク等が挙げられる。より具体的には、たとえば、

- ・金マイカ（平均粒径：40μm、かさ密度：約0.4g/cm³）
- ・湿式シリカ（平均粒径：7～150μm、かさ密度：約0.1～0.3g/cm³）
- ・球状シリカ（平均粒径：3～28μm、かさ密度：約0.3～0.9g/cm³）

30 30・タルク（平均粒径：1.5～9.4μm、かさ密度：約0.3～0.5g/cm³）

- ・アクリル樹脂微粉体（平均粒径：1～2μm、かさ密度：約0.3g/cm³）
- ・ケイ酸カルシウム粉体（平均粒径：20～30μm、かさ密度：約0.1g/cm³）
- ・バーライト粉体（平均粒径：100～150μm、かさ密度：約0.1～0.2g/cm³）
- ・フッ素樹脂粉体（平均粒径：5～25μm、かさ密度：約0.4～0.5g/cm³）

40 40・ベントナイト（平均粒径：0.3～3.5μm、かさ密度：約0.5～0.8g/cm³）

- ・シラスバルーン（平均粒径：30～50μm、かさ密度：約0.2～0.3g/cm³）
- ・溶融シリカ（平均粒径：5～32μm、かさ密度：約0.5～0.8g/cm³）
- ・炭化ケイ素粉体（平均粒径：0.4～5.0μm、かさ密度：約0.6～1.1g/cm³）
- ・ナイロンパウダー（平均粒径：5～250μm、かさ密度：約0.3～0.5g/cm³）

- ・アクリル樹脂粉体（平均粒径：45 μm, かさ密度：約0.6～0.7 g/cm³）
- ・炭素繊維粉体（平均纖維径：14～18 μm, 繊維長：100～200 μm, かさ密度：約0.5～0.6 g/cm³）
- ・二酸化チタン粉体（平均粒径：0.1～0.25 μm, かさ密度：約0.5～0.7 g/cm³）
- ・炭酸カルシウム粉体（平均粒径：3～30 μm, かさ密度：約0.6～1.0 g/cm³）
- ・塩化ビニル樹脂粉体（平均粒径：130 μm, かさ密度：約0.5 g/cm³）

- ・バリウムフェライト磁粉（平均粒径：1.8～2.2 μm, かさ密度：約1.5 g/cm³）
- ・シリコーンパウダー（平均粒径：0.3～0.7 μm, かさ密度：約0.2～0.3 g/cm³）

等が挙げられ、それぞれ単独で使用されたり、あるいは、2以上の粉体が併用されたりする。

【0033】一例として、ピーク型の吸音率の周波数特性を有する粉体からは、平均粒径が1.5～3.2 μm, かさ密度が約0.4 g/cm³ のタルクを、フラット型の吸音率の周波数特性を有する粉体からは、平均粒径が200～400 μm, かさ密度が約0.1 g/cm³ のバーミキュライトを選んで、30 mm厚みでのそれらの垂直入射吸音率特性を図4に示した。図4中、曲線9は、タルクの吸音率特性、曲線10は、バーミキュライトの吸音率特性をそれぞれ示す。

【0034】シート状物における粉体として、粒状粒子からなる粉体とバネ定数1×10² N/m以下（好ましくはバネ定数10N/m以下）の微小纖維体からなる粉体との混合粉体、または、粒状粒子と前記粒状粒子の表面に付着した微小纖維体とを有し微小纖維体が1×10² N/m以下（好ましくはバネ定数10N/m以下）のバネ定数を有する粉体を用いることがより一層望ましい。これらの粉体を用いることにより、低音域での吸音特性がより向上する。微小纖維体のバネ定数が前記範囲を外れると、低音域での吸音特性に劣るおそれがある。なお、粒状粒子からなる粉体としては、たとえば、上述した、0.1～1000 μmの平均粒径と0.1～1.5 g/cm³ の範囲のかさ密度とを有する粉体であり、好ましくは、1～300 μmの平均粒径と0.1～0.8 g/cm³ の範囲のかさ密度とを有する粉体が望ましい。

【0035】具体的には、図5に示すように、粒状粒子11からなる粉体と、上記数值範囲内のバネ定数を有する微小纖維体12からなる粉体とを混合するか、あるいは、粒状粒子11からなる粉体の該粒状粒子11の表面に微小纖維体12からなる粉体の該微小纖維体12を付けることで、粒状粒子からなる粉体よりさらに吸音特性を低音域化することができ、粉体層の厚み（または、シート状物の厚み）をより低減することが可能となる。

【0036】粒状粒子11に付着・混合させる微小纖維

体12としては、金属ウィスカーなどのウィスカー、プラスティック纖維、植物纖維、ガラス纖維やそれらが凝集した構造体等が用いられる。より具体的には、チタン酸カリウムウィスカー、炭化ケイ素ウィスカー、酸化亜鉛ウィスカー、ケイ酸カルシウム針状粉体、セピオライト等が挙げられる。纖維径および纖維長について特に限定はされないが、通常平均纖維径が0.1～10 μmの範囲であり、纖維長は数μmから数十μmまでの範囲内である。

【0037】微小纖維体12は、これらに限定されるものではなく、バネ定数が1×10² N/m以下のものであれば良く、好ましくはバネ定数が10N/m以下のものである。さらには、粒状粒子11と微小纖維体12との混合割合は特に限定はされないが、粒状粒子からなる粉体と微小纖維体からなる粉体との重量比率は、たとえば、20:1～1:10の範囲内であり、5:1～1:3の範囲内が好ましい。微小纖維体粉体の比率が、前記範囲を外れると低音域での吸音特性に劣るおそれがある。粒状粒子11への微小纖維体12の付着方法について特に限定はされないが、たとえば、希釗したバインダーに微小纖維体を混合し、熱風中を流動している粒状粒子にスプレーする方法や、あるいは、熱融着性バインダーをコーティングした粒状粒子と微小纖維体を混合加熱するという方法などがある。

【0038】次に、粉体粒子の吸音機構を説明する。粉体層に音波が入射すると、粉体層の縦振動モードが励起され、そのモードが生じる周波数帯域では吸音率が大きくなる。吸音率が大きくなる周波数をピーク周波数（f_r）とすると、f_rは、粉体層のヤング率E、かさ密度ρ、粉体層厚みtで次に挙げる式(2)のように表すことができる。

$$f_r \propto (E/\rho)^{1/2} / 4t \quad (2)$$

なお、粉体層のヤング率Eは粉体粒子表面のバネ定数で決定される。通常、粒状粒子表面のバネ定数は1×10² N/mよりも大きいため、前記微小纖維体のバネ定数が1×10² N/m以下と粒状粒子1個のバネ定数よりも小さければ、吸音特性をさらに低音域化することができる。

【0040】粉体層の厚みは、前述するように5mm以下であると取り扱い性が向上するとともに、粉体の偏り等による吸音特性の低下が抑制でき、低周波数域での吸音作用が高くなるため好ましく、3mm以下であるとさらに好ましい。ピーク周波数（f_r）は粉体物性（E/ρ）^{1/2}と粉体層の厚みtによって大きく影響を受けるため、要求される吸音特性に応じて粉体層の厚みと種類を適宜選択する必要がある。

【0041】本発明の第1の吸音材は、多孔質材（A）および多孔質材（B）が積層されているため、材料としての取り扱い性に優れている。さらに多孔質材（A）が質量、多孔質材（B）がバネとして働くことによって、共振現象が起こり、共振による吸音作用によって、低周

11

波数域での吸音性能が高くなり、厚みが薄くても低周波数域での吸音性能の低下はない。

【0042】本発明の第2の吸音材は、多孔質材

(A)、多孔質材(B)および粉体層が積層されて、一体化されているため、材料としての取り扱い性に優れている。さらに前述の共振による吸音作用に加えて、粉体層の振動による低周波数域での吸音作用が働くため、低周波数域での吸音性能がさらに高くなり、厚みが薄くてもよい。また、粉体層が音波透過性を有しているので、粉体層を透過した音波は多孔質材内部に入射するため、中高音域での吸音特性を付与することができる。

【0043】さらに、粉体層が、吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物で、粉体層の厚みが5mm以下であると、取り扱い性がさらに向上するとともに、粉体の偏り等による吸音特性の低下が抑制できるため経時的な性能劣化はなく、低周波数域での吸音性能の低下が抑制される。本発明の吸音材は、薄型の低周波数吸音材として、リスニングルーム、楽器練習室の内装材、吸音ダクトの内貼り用素材、騒音を発生する機器の防音カバーの内貼り用素材として用いることができる。さらに、二重床、二重壁パネル等の間隙に設置することにより、優れた床衝撃音低減効果、遮音性向上効果が得られる。

【0044】

【実施例】以下に、本発明の具体的な実施例および比較例を示すが、本発明は下記実施例に限定されない。

(実施例1) 図6は、本発明に係る第1の吸音材の実施例の構成を示す断面図である。この吸音材は、すでに説明したとおりであり、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)14と、この多孔質材(A)14の表面に積層された 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)13とを備えており、多孔質材(A)14側が音波の入射側であり、多孔質材(B)13側が音波の透過側である。

【0045】なお、多孔質材(A)14はロックウール吸音板(厚み12mm、密度 400kg/m^3 、ヤング率 $7\times10^6\text{ N/m}^2$)であり、多孔質材(B)13はロックウールファイバー(厚み12mm、密度 24kg/m^3 、ヤング率 $3\times10^3\text{ N/m}^2$)である。なお、粘着テープを用いて多孔質材(B)13を多孔質材(A)14に積層した。

【0046】多孔質材(A)および多孔質材(B)の種類は、上記例のロックウール吸音板、ロックウールファイバーに限定されず、多孔質材(A)については、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有し、多孔質材(B)については、 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有するものであればよい。この範囲外であると、音波が入射した際に多孔

12

質材の共振現象が起らぬいか、または、共振現象が起こってもその共振レベルが小さくなるおそれがあり、低周波数域での吸音性能は期待できない。

【0047】(実施例2) 図7は、本発明に係る第2の吸音材の実施例の構成を示す断面図である。この吸音材は、すでに説明したとおりであり、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(A)16と、この多孔質材(A)16の表面に積層された 100kg/m^3 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N/m}^2$ のヤング率とを有する多孔質材(B)15と、多孔質材(B)15とは反対側にある多孔質材(A)16の表面に積層された粒子の振動により吸音作用を発現する粉体層17とを備え、粉体層17側が音波の入射側であり、多孔質材(B)15側が前記音波の透過側である。

【0048】なお、多孔質材(A)16はロックウール吸音板(厚み12mm、密度 400kg/m^3 、ヤング率 $7\times10^6\text{ N/m}^2$)であり、多孔質材(B)15はロックウールファイバー(厚み12mm、密度 24kg/m^3 、ヤング率 $3\times10^3\text{ N/m}^2$)である。また、粉体層17としては、図8に示すように、吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物(厚み2mm)が使用される。シート状物11は、シリカ(平均粒径 $150\mu\text{m}$ 、密度 350kg/m^3)にケイ酸カルシウム針状粉体(バネ定数 16 N/m 、平均繊維長 $5\sim20\mu\text{m}$ 、平均繊維径 $0.8\mu\text{m}$)を付着させた粉体18(シリカとケイ酸カルシウム針状粉体の配合割合は重量比率で1:1)を、ポリプロピレン系不織布の繊維19の空隙部分に含ませて、音響的に透明なポリエチルフィルム20(厚み $25\mu\text{m}$)で表面を覆い、シート状に成形したものである。

【0049】なお、粘着テープを用いて多孔質材(B)15を多孔質材(A)16に積層した。また、同様にして、粉体層17を多孔質材(A)16に積層した。以上のように、吸音材は、多孔質材(A)、多孔質材(B)および粉体層を積層したものであり、その厚みは約26mmである。なお、実施例2において、シート状物の厚み、粉体の種類、物性等については、上記実施例に限定されず、要求される吸音特性に応じて適宜選択される。

【0050】シート状物における粉体としては、上記に示したものに限定されない。しかし、粉体が、粒状粒子からなる粉体と、バネ定数が $1\times10^2\text{N/mm}$ 以下の微小繊維体からなる粉体との混合粉体であるか、あるいは、粒状粒子表面にバネ定数が $1\times10^2\text{N/mm}$ 以下の微小繊維体を付けた構造を有している粉体を用いることがより一層望ましい。つまり、吸音特性に優れた粉体を用いることによって、粉体の充填量、つまり粉体層の厚みを薄くすることによっても低周波数域での吸音性能を発現できる。そのため、シート状物を用いた吸音材において、吸音性能と材料としての取り扱い性とを共に満足させるこ

とが可能となる。

【0051】シート状物を構成する、粉体を保持する基材としては、音響的に透明であり、粉体のこぼれが防止できるものであれば特に限定はされない。このような基材（表面シート）としては、たとえば、通気性のあるペーパー、織物、不織布シート、ガラスクロス等、あるいは厚みが概ね $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下のポリエステルシート、ポリエチレンシート、ビニルシート等の高分子シートやアルミフォイル等の金属箔などが挙げられる。

【0052】実施例2においては、多孔質材を積層することによるバネー質量系の共振現象による吸音作用に加えて、粉体層の振動による低周波数域での吸音作用が働くため、低周波数域での吸音性能がさらに高くなる。さらに、粉体層を透過した音波が多孔質材内部に入射するため中高音域の音波を吸音することができる。さらに、実施例2においては、粉体層が吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物であるため、取り扱い性がさらに向上する。シート状物であると、粉体の偏り等による吸音特性の低下が抑制され、経時的な性能劣化ではなく、低周波数域での吸音性能の低下することはない。

【0053】実施例2においては、粉体層の厚み、粉体の種類、多孔質材等は、上記例に限定されず、要求される吸音特性に応じて、適宜選択される。たとえば、多孔質材（A）および多孔質材（B）の種類は、上記例のロックウール吸音板、ロックウールファイバーに限定されず、多孔質材（A）については、 $200\sim500\text{kg/m}^3$ のかさ密度と $1.0\times10^6\sim1.0\times10^8\text{N/m}^2$ のヤング率とを有し、多孔質材（B）については、 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 以下のかさ密度と $1.0\times10^3\sim1.0\times10^6\text{N}/\text{m}^2$ のヤング率とを有するものであればよい。この範囲外であると、音波が入射した際に多孔質材の共振現象が起らなければ、または、共振現象が起こってもその共振レベルが小さくなるおそれがあり、低周波数域での吸音性能は期待できない。

【0054】次に、上記実施例1および2に示した吸音材において、JIS A 1409にある残響室吸音率の測定方法に基づいて吸音性能を計測した結果を示す。図9は、吸音材の設置面積を 3m^2 とした時に、実施例1の吸音材と、ロックウールからなり、かさ密度 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 、厚み 25mm の市販の多孔質吸音材（比較例の吸音材）との吸音率を測定した結果を示す。比較例の吸音材では 500Hz 以下の吸音性能は残響室吸音率（吸音率）が 0.4 以下であるのに対して、実施例1では 500Hz 以下の低周波数域で優れた吸音性能を示している。

【0055】図10は、吸音材の設置面積を 1.3m^2 とした時に、実施例1および実施例2の吸音材の吸音特性を示し、その性能を比較したものである。実施例2では厚さ 2mm の粉体層を積層しており、実施例1の吸音材よ

りも 250Hz 以下の低周波数域で優れた吸音性能を示している。

【0056】

【発明の効果】本発明の第1の吸音材は、多孔質材（B）が多孔質材（A）に積層されており、一体化されているため、材料としての取り扱い性に優れている。さらに、第1の吸音材では、多孔質材（A）が質量、多孔質材（B）がバネとして働くことによって、共振現象が起こり、共振による吸音作用によって、低周波数域での吸音性能が高くなり、厚みが薄くても低周波数域での吸音性能の低下はなく、その吸音率は高い。

【0057】本発明の第2の吸音材は、多孔質材（A）、多孔質材（B）および粉体層が積層されて、一体化されているため、材料としての取り扱い性に優れている。さらに前述の共振による吸音作用に加えて、粉体層の振動による低周波数域での吸音作用が働くため、低周波数域での吸音性能がさらに高くなり、厚みが薄くてもよい。また、粉体層が音波透過性を有しているので、粉体層を透過した音波は多孔質材内部に入射し、中高音域での吸音特性も有している。

【0058】さらに、第2の吸音材において、粉体層が吸音性能を発現する粉体を音響的に透明な基材で保持したシート状物で、粉体層の厚みが 5mm 以下であると、シート状物であるために取り扱い性がさらに向上するとともに、基材で粉体を保持しているために粉体の偏り等による吸音特性の低下が抑制でき、経時的な低周波数域での吸音性能の劣化はない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の吸音材の1実施例を示す断面図。

【図2】本発明の第2の吸音材の1実施例を示す断面図。

【図3】シート状物の構造を示す断面図。

【図4】フラット型およびピーク型吸音特性を持つ粉体層の吸音特性を表した図。

【図5】粒状粒子の表面に微小纖維体を付けた粉体の概念図。

【図6】実施例1における吸音材を示す断面図。

【図7】実施例2における吸音材を示す断面図。

【図8】実施例2におけるシート状物を示す断面図。

【図9】実施例1および比較例の吸音材の吸音特性を示す図。

【図10】実施例1および実施例2の吸音材の吸音特性を示す図。

【符号の説明】

- 1 多孔質材（A）
- 2 多孔質材（B）
- 3 多孔質材（B）
- 4 多孔質材（A）
- 5 粉体層

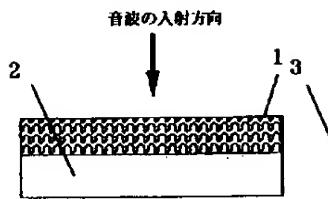
15

6 表面シート
7 接着部分
8 粉体
11 粒状粒子
12 微小繊維体
13 多孔質材（B）
14 多孔質材（A）

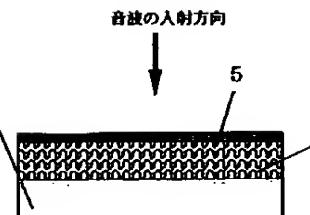
16

15 多孔質材（B）
16 多孔質材（A）
17 粉体層
18 シリカにケイ酸カルシウム針状粉体を付着させた
粉体
19 ポリプロピレン系不織布の繊維
20 ポリエチルフィルム

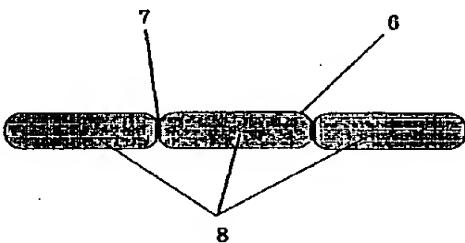
【図1】



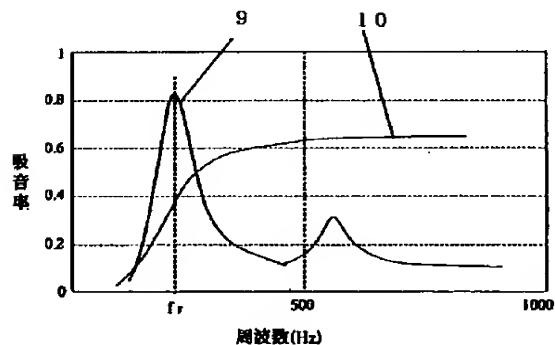
【図2】



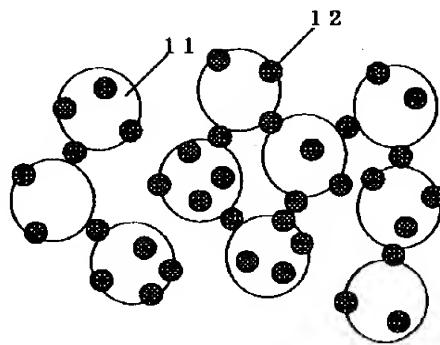
【図3】



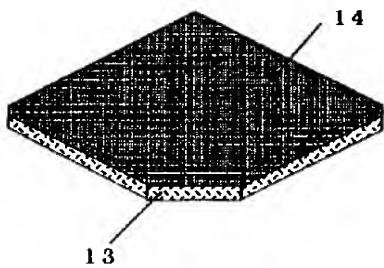
【図4】



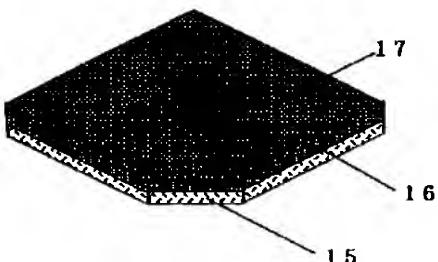
【図5】



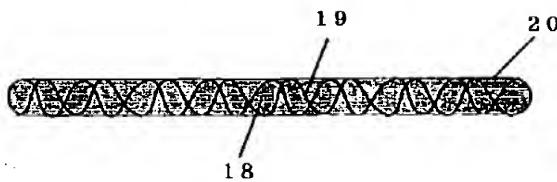
【図6】



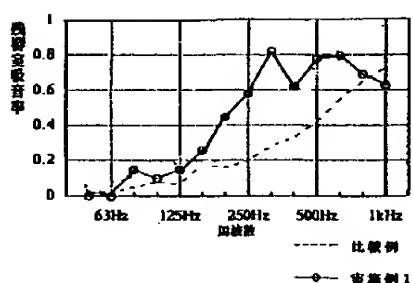
【図7】



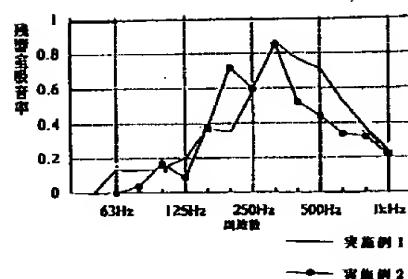
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁶

G 10 K 11/16

識別記号

庁内整理番号

F I

G 10 K 11/16

技術表示箇所

D